

Tanulmány

A JÁVA-SZIGETI MERAPI 2010-ES KITÖRÉSE

TERMÉSZET ÉS TÁRSADALOM KAPCSOLATA A FÖLD LEGNÉPESEBB VULKÁNSZIGETÉN

Karátson Dávid

az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár,
ELTE Természetföldrajzi Tanszék
dkarat@ludens.elte.hu

Ralf Gertisser

PhD, tudományos főmunkatárs,
Keele University School of Physical
and Geographical Sciences, Nagy-Britannia
r.gertisser@keele.ac.uk

Bevezetés

Jáva szigete – a maga 140 millió lakosával – Földünk egyik legsűrűbben lakott területe. Népeisége, kultúrája mindig szoros összefüggésben állt a sziget nagyszámú működő vagy szunnyadó tűzhányójával, hiszen az állandó vulkáni működésnek köszönhető a rendkívül termékeny talaj. Ez már a történelem előtti időkben meghatározta az emberi, sőt ősemberi jelenlétet (jávai előember). A földművelés kialakulása, fejlődése gazdag kultúrájú, fejlett társadalmakat hozott létre, melyek legszebb ránk maradt emlékei a buddhista és hindu templomok a Kr. u. 8. századtól. (Indonézia más, nagyobb, kevésbé vagy épp egyáltalán nem vulkanikus szigetein a népeség halász-vadász vagy gyűjtögető életmódot folytatott, minimális mezőgazdálkodással.) Ugyanakkor a sosem látott mértékűre duzzadt népeiségből ma már legalább húszmil-

lióan aktív vulkánon vagy annak közelségében élnek, ami sajátos, az állandó veszélyhez igazodó életformát, sőt életfelfogást követel.

2014. szeptember 9–13. között immár nyolcadik alkalommal került megrendezésre a vulkanológiai világszervezet, a IAVCEI *Városok és vulkánok (Cities on Volcanoes)* című vándorkonferenciája, ezúttal Yogyakartában, a működő Merapi vulkán tövében. E nemzetközi fórumon, amely kétevenként más-más aktív tűzhányóhoz látogat, negyven országból vagy ötszáz kutató cserélt eszmét a vulkanológia és a vulkáni veszélykezelés legkülönbözőbb témaköreiben. A rendezvényen jelen tanulmány első szerzője egyedülként vett részt hazánkból. (Jávai útját az NKA és az ELTE támogatta, lehetőséget adva nemcsak a konferencián való részvételre, hanem kisebb, kapcsolódó vulkánexpedíciókra is.) A társszerző, a konferencián új kutatási eredményeket bemutató Ralf Gertisser (Keele, Egyesült Ki-

ráltság) tizenöt éve dolgozik a Merapi-vulkánnon. Tanulmányunkban teljes körű áttekintést nyújtunk a tűzhányóról: földtani fejlődéséről, vulkanológiai jellemzőiről, és 2010-es, az egész jávai társadalmat megrázó kitöréséről, amely az elmúlt száz év legnagyobbja volt, és 367 ember életét követelte (Surono et al., 2012).

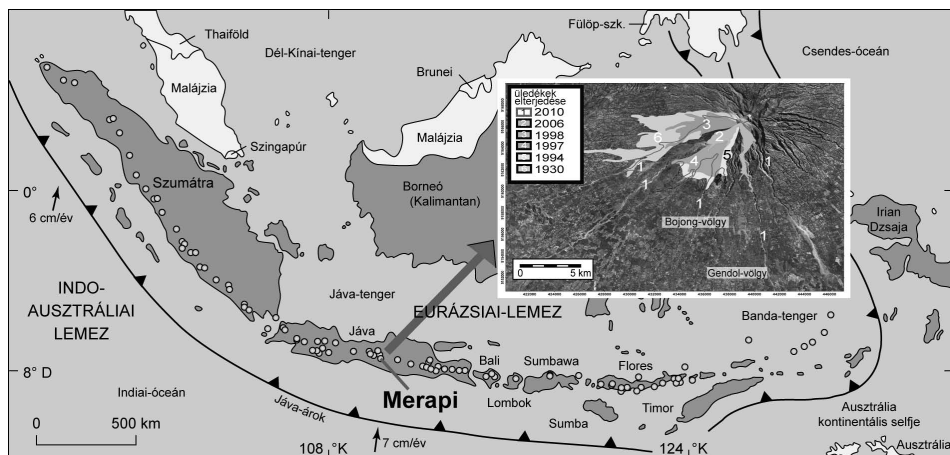
A Merapi fejlődéstörténete

A Gunung Merapi (2968 m) egyike Jáva legszembetűnőbb, leglátványosabb vulkánjainak (1. ábra). A Yogyakarta várostól 25 km-re lévő kúp alsó lejtői és törmeléksíksága – mintegy 40 km-es körzetben – másfél millió embernek ad otthont. A vulkán gyakori kitörései ennek legalább harmadát állandó veszéllyel fenyegetik (Thouret et al., 2000). A pipáló tűzhányó, mely mintegy a város jelképe, főként kora reggel és napnyugtakor fedi fel magát, és a nem messze lévő, naponta turisták ezrei által látogatott Borobudur (UNESCO Világörökség) buddhista templomából is páratlan látványt kínál.

A Merapi a Szunda-szigetív része, amelyet nagyobb (Szumátra, Jáva) és kisebb szigetek (Bali, Lombok, Sumbawa, Flores, Timor) alkotnak (2. ábra). Ezek mind vulkanikus eredetűek, és a tőlük délre lévő indo-ausztrál kőzetlemez észak felé történő szubdukciójának – az Eurázsiai-lemez alá tolódásának – eredményeképp jöttek létre. A szigetsor felépítése igen változatos. Például míg Szumátra előterében a szubdukció nagy mennyiségű – főként India felől a Gangesz és a Brahmaputra folyók hordalékából származó – üledéktömeget nyír le, és torlaszol külső, nem vulkanikus szigetlánccá, addig Jáva előtt a tenger jóval mélyebb, és külső szigetsor nem alakult ki. A szubdukció vonalától mintegy 30–50 km-re húzódik az az aktív vulkánsor, amelynek a Merapi is tagja. Ezt az egyik legaktívabb tűzhányót, amely egyike Jáva vagy félszáz működő vulkánjának, főként bazaltandezites-andezites kőzetek építik fel (Gertisser et al., 2012): lávafolyások, szórt tufa- és ártufa-rétegek, áthalmozott vulkáni-üledékes képződ-



1. ábra • Balra: a Merapi látképe dél felől; jobbra: az állandó fumarolaaktivitást (gázkiáramlást) mutató csúcskráter a 2010-es kitörés után (2014. szeptember 12.)



2. ábra • A Merapi helyzete Jáván, illetve Indonéziában (sötét színű szigetek). A világos körök aktív tűzhányókat jelölnek. A kis térkép a közelmúlt fontosabb kitöréseiből lerakódott üledékanyag elterjedését mutatja, úrfelvételre illesztve (Gertisser et al., 2012 után).

mények. A vulkán tudományos kutatásának kezdetei a XVIII. századi holland megfigyelésekre, az első földtudósok tevékenységére nyúlnak vissza. Azóta az egyik „legnemzetközibb” vulkánná vált: már vagy kéttucatnyi ország kutatói járultak hozzá megismeréséhez.

A Merapi területén a legidősebb (<170 ezer éves) vulkáni kőzeteket – a „Proto-” avagy „Ős-Merapi” – a vulkán északnyugati lejtőjén a Gunung Bibi, déli lejtőjén a Gunung Turgo és Plawangan nevű kiemelkedések képviselik, bár ezek nem tartoznak a szorosabb értelemben vett Merapi felépítményéhez. A rájuk következő „Idős-Merapi”, amelyet elsőként a holland Reinout Willem van Bemmelen ismert fel 1949-ben, a kormeghatározások alapján harminc- és ötezer évvel ezelőtt keletkezett (Gertisser et al., 2012). Működésének vége felé egy vagy több alkalommal a egyesült államokbeli Mt. St. Helenséhez hasonló hatalmas hegycsuszamlás csorbíthatta, és kialakult – a Somma-Vezúvot idéző szerkezeti hasonlóság miatt – az úgynevezett „Somma-

Merapi”. Erre végül a legfiatalabb vulkán, az „Új-Merapi” szabályos kúpja települt (Newhall et al., 2000), sőt ezt egyesek még tovább osztják „Recens” és „Modern” Merapira.

Az Új-Merapit az elmúlt kétezer évben csaknem folyamatos aktivitás jellemezte, aminek időbeli tagolását több mint százötven radiokarbon koradat teszi lehetővé (Newhall et al., 2000; Gertisser et al., 2012). A „történelmi” vulkáni rétegtanhoz Christopher Newhall és munkatársai (2000) a buddhista és hindu templomok keletkezési idejét is fel tudták használni azon kitörésekhez, amelyek a templomok építése előtt, alatt és után történtek. E szerzők ráadásul – mások feltételezését igazolva – bizonyították, hogy a templomok megrongálódása vezetett a Mataram Királyság Közép-Jáváról történt elvándorlásához kelet felé. Más templomokban később a XII–XIV. századi vulkánkitörések tettek kárt.

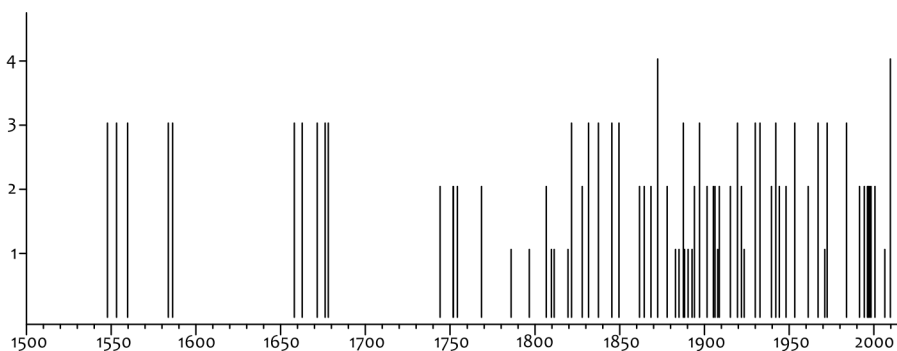
1500 után már csaknem teljes, a XVIII. század óta pedig hiánytalan írásos feljegyzések vannak, melyek az elmúlt 600 év során mint-

egy hetvenöt kitörést rögzítettek. Ebből tizenháromnak volt három vagy annál nagyobb az ún. vulkáni explóziós indexe (VEI; 3. ábra), e kitörésekben több mint 7000 ember vesztette életét (Lavigne et al., 2000; Thouret et al. 2000). (A kitörések teljes listája az URL1, részletes leírása az URL2 weboldalon olvasható.) Azt, hogy a kitörések zöme csak mérsékelt (VEI=1–3) heveségű volt (Newhall et al., 2000), a Merapi többnyire nyitott, magas hőmérsékletű magmacsatornája magyarázza, amit az igen forró (400–850 °C) csúcsi fumarolaaktivitás, folyamatos gázkiáramlás is igazol (Le Cloarec – Gauthier, 2003).

E kis-közepes fokú robbanásos aktivitás ahhoz a viszkózus anyagú lávafelnyomuláshoz, ún. *lávadómhoz* kapcsolódik, amely az Új-Merapi tetején évszázadok óta jelen van. A növekvő lávadóm – amikor instabillá válik, és már nem bírja el saját súlyát – az elmúlt százötven évben átlagosan négy-hat évenként, az elmúlt kétezer évre visszamenőleg pedig (a radiokarbon adatok alapján) tizenöt évenként összeroskadt (ún. gravitációs dóm-összeomlás). E folyamat során blokk- és hamuár zúdul le a vulkán lejtőjén, akár 100 km/ó sebességet is elérve. A *blokk- és hamuár* (angolban is meghonosodott francia elnevezéssel

nuée ardente, izzófelhő) a *piroklaszt-árak* vagy – tágabb értelemben – ún. *piroklaszt-sűrűség-árak* egyik válfaja, mely különböző méretű blokkokból, vulkáni hamuból és forró gázból áll. A gravitációs blokk- és hamuárak olyannyira gyakoriak a Merapin, hogy számos szerző „Merapi-típusú” *nuée ardente*-ről beszél. (Megemlítjük, hogy az izzófelhő neve a hivatalos indonéz – bahasa – nyelven *awan panas*, jávaiul *ampa-ampa* vagy *wedhus gembel*.)

A Merapin ugyanakkor – bár jóval ritkábban – a megszokottnál komolyabb (VEI=4) robbanásos kitörések is előfordulnak. Ezek közül a legutolsó (2010-et megelőzően) 1872-ben történt (Newhall et al., 2000), amikor az erős sorozatrobbanások a Mesjidanlama nevű kráter kialakulásához vezettek, 1000 m fölött minden települést hamu borított be, s a kráterből három irányban piroklaszt-árak zúdultak le, mintegy kétszáz halálos áldozatot szedve. Még ennél is pusztítóbb volt az 1930-as, „csupán” VEI=3-as kitörés, amikor az izzófelhők – amelyek akár 10 km távolságba is lezúdultak – harminchat falut pusztítottak el, és 1370 lakost öltek meg. E halálos kitörések emlékezete a Merapi körül felnőtt fiatalabb nemzedékek körében már-már feledésbe merült.



3. ábra • A Merapi történelmi kitörései VEI- (vulkáni explóziós index-) értékkel (Gertisser et al., 2012)

Sylvain J. Charbonnier és Ralf Gertisser (2008) a 2006-os, közepes erősségű kitörés után felvetették, hogy a szokásos lávaöntő, illetve lávadóm-aktivitás rendjét a következő évtizedekben nagyobb robbanásos kitörés szakíthatja meg. Az efféle robbanásos aktivitás lehetősége, a Merapi körül felduzzadt népességre figyelemmel, immár komolyan nyugtalanítani kezdte a vulkanológusokat, hiszen tízezrek élete kerülhet közvetlen veszélybe.

A vulkánveszély sikeres kezelése csakis jól működő megfigyelési rendszeren alapulhat. A Merapit az elmúlt évtizedekben folyamatosan monitorozzák mind hagyományos módszerekkel (szeizmológia, közzettan, geodézia, gázösszetétel-mérés), mind pedig egyre változatosabb és pontosabb távérzékeléses eljárásokkal (például műholdas radarkép-megfigyelések: Surono et al., 2012). (A főbb módszerek áttekintését magyarul lásd Karátson, 2013.) A monitoring folyamatát az indonéziai Vulkanológiai és Geológiai Veszélykezelő Központ, indonéz nyelven Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungan (BPPTK) koordinálja. Ennek eredménye a Merapi folyamatosan frissített riasztási rendszere, amely négy szintű (Surono et al., 2012). Az első szint a vulkán normál állapota (igaz, ekkor is folyamatos gázkiáramlással); a második szint („figyelem”, indonézül *waspada*), amikor a vizuális megfigyelések és a szeizmikus adatok vulkánkitörés lehetőségét jelzik; a harmadik szintet („készültség”, *siaga*) a nyugtalanság növekedésekor rendelik el, a kitörés küszöbön áll; a negyedik pedig („veszély”, *awas*) a vulkán kitörésekor lép életbe.

A Merapi tágabb területe veszélyeztetettség szempontjából három övezetre, zónára osztható. A „töltött zóna” kitöréskor vulkáni bombák, hamu szórásának, piroklaszt-áraknak, lávafolyásoknak van kitéve; az első veszélyzó-

nát hamuszórás és *laharok* (iszapos áradatok, lásd alább) érinthetik; a második veszélyzóna a völgyek mentén megnyúlva a laharok lehetséges hatókörzetét fedi le (lásd Thouret et al., 2000). Az egyes zónák közötti határmegvonás, különösen a 2010-es kitörés után, folyamatosan frissül (például URL₃).

A 2010-es kitörés

A kitörés előtt csaknem egy évvel erősödni kezdett a szeizmikus aktivitás – jellemzően vulkántektonikus rengések formájában –, majd 2010 szeptemberétől felszínelmozdulást, CO₂- és H₂S-kigázosodást, illetve a hőmérséklet emelkedését detektálták (Surono et al., 2012). E jelenségek gázdús magma mélybeli benyomulásához kapcsolódtak, ami végső soron október végén vulkánkitöréshez vezetett. (A kitörés részletes kronológiája Jean-Christophe Komorowski és munkatársai [2013] munkájában olvasható.)

A 4. riasztási fokozatot a Merapin október 25-én reggel rendelték el, amikor a vulkán tetején heves robbanások kezdődtek (Surono et al., 2012; Mei et al., 2013). Sajnos, mivel nem sikerült mindenkit azonnal kitelepíteni, egy szokatlanul heves izzófelhő október 26-án elérte a csúcstól 5 km-re fekvő Kinajero falut, és megölt harmincnégy embert – mások közt Mbah Maridjant, a vidék szellemi vezetőjét, aki számos társával együtt nem akarta elhagyni otthonát. A piroklaszt-árak ekkor valószínűleg freatomagmás (víz–magma kölcsönhatásra végbemenő) robbanásos aktivitáshoz kapcsolódtak (Komorowski et al., 2013), nem pedig a megszokott lávadóm-összeomláshoz. Október 29-én a kráterben friss láva jelent meg. Ez az új lávadóm volt, mely kb. egy hetes életideje alatt szokatlanul gyorsan, akár 25 m/s sebességgel növekedett (Pallister et al., 2013), és már közben is össze-összeomlott,

heves blokk- és hamuárakat eregetve olykor 12 km távolságba.

November korai napjaiban a robbanások fokozódó energiáját erős kigázosodás és még Yogyakartában is hallatszódo robaj jelezte. A kidobott vulkáni bombák akár 4 km távolságba (!) repültek (Jousset, 2010). Mindezek nyomán a BPPTK kiterjesztette a veszélyzónát előbb 15, majd november 4-én 20 km-es körzetben, és teljes körű evakuációt rendelt el.

A kitelepítések részben még zajlottak, amikor november 5-én éjfélkor (00:05) szokatlannul nagy záró, ún. „paroxizmális” kitörésre került sor (Surono et al., 2012; Komorowski et al., 2013). Ez szétrobbantotta a felnövekedett lávadómot, és rendkívül heves izzófelhőt zúdított alá. Rögvest utána 17 km magasba szökő ún. *szubpliniusi* kitörési felhő emelkedett fel, amelyből horzsakő és hamu szóródott déli és nyugati irányban. Két óra elteltével a kitörési felhő időnkénti összeomlására is sor került, szintén heves piroklaszt-árakkal. Az izzófelhők ezen az éjszakán addig sosem tapasztalt 15,5 km távolságba jutottak a Merapi déli oldalán, a Gendol-folyó völgyében, míg a hozzájuk kapcsolódó, örvénylő ún. torlóárak a völgy oldalán is kilépve elleptek számos falut (4., 5. ábra). Végeredményben több mint háromszáz (a korábbiakkal együtt összesen 367) ember lelte halálát, és több ezer ház dőlt romba, vagy rongálódott meg. A kitörésből a légkörbe került hamu és SO_2 a légközlekedést még a 400 km távol lévő Jakartában is megakasztotta (Surono et al., 2012).

Az áldozatok többségét a forró gázfelhő ölte meg. Noha ennek hőmérséklete viszony-



4. ábra • Bakalan falu egyike a Gendol-folyó völgyében blokk- és hamuárak által elborított településeknek.



5. ábra • Blokk- és hamuár üledékanyagának közeli képe cseréptöredékekkel (Bakalan falu).

lag alacsony volt (200–300°C), nemcsak az épületeken kívül, de a belsejükben is halálosnak bizonyult, részben mert a lakóterek belső, nyitott beosztása nem volt képes útját állni az örvénylő felhőnek.

A paroxizmális kitörést követően a láva felnyomulása kis mértékben és robbanásokkal tarkítva még folytatódott. November 8-a után azután a vulkán lecsendesedett, habár a kitelepítettek száma 14-én érte el a maximumát (csaknem négyszázezer főt!). December 4-én a riasztási szintet hármásra mérsékeltek, de a vulkán még másfél évig nyugtalankodott. Napjainkban a Merapi csúcsát, ahol a gázok kiáramlása, bár csendes, de továbbra is folyamatos, a november 5-i robbanáskor kialakult 300–400 m széles, 150–200 m mély kráter foglalja el (1. ábra), benne az azóta képződött kis lávadómmal.

A Merapin igen jellemző folyamat a friss vulkáni anyag utólagos lemosódása. Neve – nemzetközivé vált jávai kifejezéssel – *lahar*, amelyet vulkáni törmelék, iszap és víz lejtőn mozgó elegyére használnak (*lahar dingin*; szó szerinti jelentése „hideg lávafolyás”). Mind forró, friss hamuból származó (a kitörések alatt útnak induló), mind hideg laharok előfordulnak; utóbbiak kisebbek, de gyakoriak, s főként az esős évszakban zúdulnak le, a kitörés után akár több évvel is (Lavigne et al., 2000).

A Merapi lahareseményeiről, melyek a vulkán főként délnyugati lejtőin futnak le akár 25–30 km távolságba, a XVI. század óta vannak feljegyzések. A 2010-es kitörés nyomán mintegy 130 millió m³ elsődleges vulkáni törmelék rakódott le, és ennek legalább 35%-át laharok mosták le (Surono et al., 2012),

2010. október 27-étől 2012. február 25-ig több mint 280 lahareseményben. Ezek a folyókon tizenegy ún. Sabo-gátat (keresztgát, amelyet laharok veszélyeztette folyószakaszon, völgyekben emelnek) és huszonegy hidat söpörtek el, s nemegyszer a nagyobb utakat is elöntötték (például a Yogyakarta-tól Magelangba, Semarangba menő utat hússzor is!). 2011. március 19-én a heves esőzések keltette lahar településeket öntött el a Putih folyó mentén, megrongált két hidat, és százhusz embert ki kellett telepíteni. Két napra rá egy még nagyobb lahar huszonegy házat temetett be a Gendol-folyó mentén, kétszáz embert evakuáltak. A legnagyobb lahar hozama $1800 \text{ m}^3/\text{s}$ volt 2011. március 30-án.

A 2010-es kitörést összefoglalva: a Merapi szokatlanul heves robbanásos aktivitásra került sor október–novemberben: lávadóm nélküli kezdeti szakasz, megnövekedett ($\text{VEI} = 4$) robbanásosság szubpliniai kitörési felhővel, és nemcsak lávadóm, hanem kitörési felhő összeomlásából is származó, minden addiginál messzebbre jutó piroklaszt-árak. Ugyanakkor fontos tudományos eredmény, hogy immár jó néhány, ehhez hasonló nagy robbanásos kitörésről van ismeretünk a korábbi évezredekben is. Ralf Gertisser és munkatársai (2012) – a holocén vulkáni rétegek vizsgálata alapján – kimutatták, hogy a múltban többször is sor került szubpliniai kitörési felhők összeomlására. Ezek üledékanyaga jellegzetes kenyérhég-bombákban és horzskőbombákban gazdag. Eme alkalmankénti nagyobb robbanásosságnak, amibe tehát jól illik az 1872-es vagy a 2010-es kitörés, több oka lehet: a nyitott kürtő zárttá válása (Preece et al., 2014); a felnyomuló magma és a Merapi alatti karbonátos aljzat kölcsönhatása, ami nagyobb mennyiségű CO_2 bekerülését idézi elő (Deegan et al., 2010); sőt esetleg a föld-

rengések szerepe, amit egyesek szintén hangsúlyoznak a robbanásosság fokozásában (Troll et al., 2012).

A vulkánveszély mérséklése, a krízis kezelése: társadalmi vonatkozások

Nyilvánvaló, hogy a Merapi jelentette veszélyt csakis vulkanológiai jellemzőinek, történetének alaposabb feltárásával, az ezekből levonható tanulságok leszűrésével, a vészhelyzet megfelelő kezelésével lehet mérsékelni. Ám emellett igen fontos szem előtt tartani, hogy a vulkán mindig is veszélyt jelentett a környező lakosságra, amivel az emberek hosszú távon élnek együtt, míg a kormány, a helyi hatóságok csak rövid távon, főként kitörések alkalmával kezelik a veszélyt (Dove, 2008). Az itt lakóknak megvan a maguk elképzelése a Merapiról, a vallásos megközelítéstől a gyakorlati ismereteken át a lehetséges viselkedési formákig. Az emberek a vulkánt nem idegennek tekintik, hanem életük részének – még ha veszélyes részének is; mi több, olyan erőnek, amely a kitöréseivel hosszú távon előnyt jelent. Azaz a legtöbb ember e veszélyt elfogadja, azt bevonja gondolkodásmódjába („domesztikálja”), s nem a mindennapi életéből való kirekesztésére törekszik (Donovan, 2010).

Másrészről ugyanakkor a földrajzi helytől, a saját tapasztalatoktól, a társadalmi-gazdasági körülményektől függően az embereknek eltérő, és gyakran gyér ismereteik vannak a kitörések lehetséges forgatókönyveiről és azok következményeiről. A 2010 előtt kijelölt veszélyzónában, a közelmúltban információkat nyújtva a kitörésekről, a kitelepítési tervekről átfogó és hatékony oktatási program valósult meg, amelyben a helyi hatóságok, hivatalnokok, kutatók és nem kormányzati szervezetek egyaránt közreműködtek (Mei et al., 2013). Ám a 20 km-es veszélyzónán kívül élők ebben

nem, vagy alig részesültek, és számosan voltak olyanok is, akik a hagyomány vagy vallásos meggyőződésük alapján vonakodtak elfogadni a kitelepítési terveket, és az otthonukban maradást részesítették előnyben (Donovan, 2008). A vulkánveszély elfogadása azzal is együtt járt, hogy a lakosság jó része nem mutatott érdeklődést a kormány áttelepítési programja iránt, amelyet 1994 után kezdtek népszerűsíteni (Dove, 2008; Donovan, 2010).

Mint láttuk, 2010 késő októberében, a kitörést közvetlenül megelőzően megkezdődött az emberek kitelepítése a veszélyterképek és a kitelepítési tervek alapján. Azoknak, akik erre nem voltak hajlandók, október 26-án mintegy egyötöde életét veszítette. November elején a kitörés fokozódó hevesége miatt a meglévő kitelepítési tervek felülrírására volt szükség. Az ismert veszélyzónán kívül élők körében, mint egy 2011-es interjú feltárta, „csak azt tudták, hogy falujuk laharveszélynek van kitéve, de nem gondoltak az izzófelhőre” (Mei et al., 2013). A sietős november eleji kitelepítések számos hibával jártak: például először nem adtak ki olyan listát, amelyen az érintett falvak szerepeltek volna, illetve megfelelő tervek hiányában sokan rossz menekülési útvonalat választottak (például a legveszélyesebb Gendol-völgygel párhuzamosan).

Szerencsére a kritikus napokban a rendelkezéseket, intézkedéseket általában gyorsan és hatékonyan továbbították. A riasztásokat a kitelepítés megkezdésére szíriának, hagyományos fagongok (*kentogan*) adták az emberek tudtára, illetve mobiltelefon-hívások és szomszédokon keresztül kapott információk is segítettek (Mei et al., 2013). Számítások szerint a kitelepítések akár húszezer ember életét mentették meg (Surono et al. 2012).

A kitelepítés sikere nem kis részben az útvonalakon múlik. Az utak állapota a 2006-

os kitörés után jelentősen javult, ám az évek múlásával a nagy kamionforgalom hatására ismét romlani kezdett (Mei et al., 2013). Bár történtek erőfeszítések újabb útjavításokra, ezek nem voltak egyformák a vulkán körül. A november eleji záró kitörés háromszáz halálos áldozata azonban főleg a robbanásos aktivitás hirtelen megnövekedésének, a kapkodó intézkedéseknek és különösen a lakosság nyilvánvaló készültségének tudható be. Számos áldozatot találtak a háza környékén ruhászsákokkal, csomagokkal megrakva, amint épp autóját, motorját készítette elő indulásra a halálos izzófelhő pillanatában.

A krízis alatt egyre növekvő számú táborn állítottak fel a kitelepítetteknek. Ugyanakkor a hatóságok gyakorlatilag nem foglalkoztak a hátrahagyott otthonokkal, ingóságokkal, háziállatokkal. Ráadásul sok esetben a családok szétszakadtak egymástól. Mindezek miatt számos kitelepített, akinek napokra, hetekre távol kellett lennie otthonától, elkezdett vissza-visszajárni falujába, hogy házára, állataira nézzen, ellássa őket, vagy csak egyszerűen megmosakodjon, ruhát váltson. E nagyon veszélyes viselkedést a helyi hatóságok sok esetben még támogatták is (például buszok szervezésével). Minderre megoldás lehetne például testvértelepülések rendszerének kialakítása, azaz olyan falupárokké, amelyekből – ugyanazon közigazgatási egységen belül – az egyik a veszélyzónában, a másik azon kívül van. A közös célok és tevékenységi formák megtalálása hatékonyabb evakuációt tenne lehetővé ingóságokkal, háziállatokkal együtt.

Összefoglalóan, annak érdekében, hogy a Merapi körül ne csak az emberéleteket sikerüljön megmenteni a vulkánkitörések alkalmával, hanem a lakosság életminősége is fennmaradjon, a hatóságok részéről az egyéni viselkedésformák és a hagyományos,

vallásos felfogás mélyebb megértése, figyelembe vétele szükséges. Még több település kell bevonni az oktatásba, ismeretterjesztésbe, még alaposabb előkészületeket kell tenni a kitelepítésekhez, az evakuációs táborok működtetéséhez, és a krízishelyzet alatt számos,

az emberek napi életviteléhez kapcsolódó kiegészítő intézkedésre is szükség van.

Kulcsszavak: *Merapi, Jáva, Indonézia, vulkanológia, vulkánkitörések, izzófelhő, természeti katasztrófák, veszélykezelés*

IRODALOM

- Charbonnier, Sylvain J. – Gertisser, Ralf (2008): Field Observations and Surface Characteristics of Pristine Block-and-Ash Flow Deposits from the 2006 Eruption of Merapi Volcano, Java, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 177, 971–982. DOI:10.1016/j.jvolgeores.2008.07.008
- Deegan, Frances M. – Troll, V. R. – Freda, C. – Misiti, V. – Chadwick, J. P. – McLeod, C. L. – Davidson, J. P. (2010): Magma–Carbonate Interaction Processes and Associated CO₂ Release at Merapi Volcano, Indonesia: Insights from Experimental Petrology. *Journal of Petrology*. 51, 1027–1051. DOI: 10.1093/petrology/egq010 • <http://petrology.oxfordjournals.org/content/51/5/1027.full.pdf+html>
- Donovan, Katherine (2010): Doing Social Volcanology: Exploring Volcanic Culture in Indonesia. *Area*. (Royal Geographical Society, London) 42, 1, 117–126. DOI: 10.1111/j.1475-4762.2009.00899.x • http://www.geo.mtu.edu/rs4hazards/Project%20resources/colloquium_resources/Donovan-SocVolcanology.pdf
- Dove, Michael R. (2008): Perception of Volcanic Eruption as Agent of Change on Merapi Volcano, Central Java. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 172, 329–337. DOI:10.1016/j.jvolgeores.2007.12.037 • <http://www.geo.mtu.edu/~raman/papers2/EruptionMerapiDove.pdf>
- Gertisser, Ralf – Charbonnier, S. – Keller, J. – Quidelleur, X. (2012): The Geological Evolution of Merapi volcano, Central Java, Indonesia. *Bulletin of Volcanology*. 74, 1213–1233. 10.1007/s00445-012-0591-3 • https://www.researchgate.net/publication/257428333_The_geological_evolution_of_Merapi_volcano_Central_Java_Indonesia
- Karatson Dávid (2013): Új kutatási irányzatok a vulkanológiában. Hozzászólás Harangi Szabolcs: Merre tovább, vulkanológia? A XXI. század kihívásai c. tanulmányához. *Magyar Tudomány*. 12, 1514–1518. • <http://www.matud.iif.hu/2013/12/14.htm>
- Komorowski, Jean-Christophe – Jenkins, S. – Baxter, P. J. – Picquout, A. – Lavigne, F. – Charbonnier, S. – Gertisser, R. – Preece, K. – Cholik, N. – Budi-Santo, A. – Surono (2013): Paroxysmal Dome Explosion during the Merapi 2010 Eruption: Processes and Facies Relationships of Associated High-energy Pyroclastic Density Currents. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 261, 260–294. DOI:10.1016/j.jvolgeores.2013.01.007
- Lavigne, Franck – Thouret, J. C. – Voight, B. – Suwa, H. – Sumaryono, A. (2000): Instrumental Lahar Monitoring at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 100, 457–478. DOI:10.1016/S0377-0273(00)00151-7
- Le Cloarec, Marie-Françoise – Gauthier, Pierre-J. (2003): Merapi Volcano, Central Java, Indonesia: A Case Study of Radionuclide Behavior in Volcanic Gases and Its Implications for Magma Dynamics at Andesitic Volcanoes. *Journal of Geophysical Research*. 108, B5, 2243. DOI: 10.1029/2001JB001709 • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2001JB001709/pdf>
- Mei, Estuning Tyas Wula – Lavigne, F. – Picquout, A. – De Bélizal, E. – Brunstein, D. – Grancher, D. – Sartohadi, J. – Cholik, N. – Vidal, C. (2013): Lessons Learned from the 2010 Evacuations at Merapi Volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 261, 348–365. DOI:10.1016/j.jvolgeores.2013.03.010
- Newhall, Christopher – Bronto, S. – Alloway, B. – Banks, N. G. – Bahar, I. – delMarmol, M. A. – Hadisantono, R. D. – Holcomb, R. T. – McGeehin, J. – Miksic, J. N. – Rubin, M. – Sayudi, S. D. – Sukhyar, R. – Andreastuti, S. – Tilling, R. I. – Torley, R. – Trimble, D. – Wirakusumah, A. D. (2000): 10,000 Years of Explosive Eruptions on Merapi Volcano, Central Java: Archaeological and Modern Implications. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 100, 9–50. DOI: 10.1016/S0377-0273(00)00132-3
- Pallister, John S. – Schneider, D. J. – Griswold, J. P. – Keeler, R. H. – Burton, W. C. – Noyles, C. – Newhall, C. G. – Ratdomopurbo, A. (2013): Merapi 2010 Eruption—Chronology and Extrusion Rates

- Monitored with Satellite Radar and Used in Eruption Forecasting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 261, 144–152. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2012.07.012 • https://www.researchgate.net/publication/260703165_Merapi_2010_eruption_Chronology_and_extrusion_rates_monitored_with_satellite_radar_and_used_in_eruption_forecasting
- Preece, Katie – Gertisser, R. – Barclay, J. – Berlo, K. – Herd, R. A. – Edinburgh Ion Microprobe Facility (2014): Pre- and Syn-eruptive Degassing and Crystallisation Processes of the 2010 and 2006 Eruptions of Merapi Volcano, Indonesia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 168, 1061, DOI 10.1007/s00410-014-1061-z • http://download.springer.com/static/pdf/912/art%253A10.1007%252F00410-014-1061-z.pdf?auth66=1422538735_f11465e8fba42bbf805aba8bbf8f4c2&ext=.pdf
- Surono – Jousset, P. – Pallister, J. – Boichu, M. – Buongiorno, M. F. – Budisantoso, A. – Costa, F. – Andreastuti, S. – Prata, F. – Schneider, D. – Clarisse, L. – Humaida, H. – Sumarti, S. – Bignami, C. – Griswold, J. – Carn, S. – Oppenheimer, C. – Lavigne, F. (2012): The 2010 Explosive Eruption of Java's Merapi Volcano—A '100-year' Event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 241–242, 121–135. DOI:10.1016/j.jvolgeores.2012.06.018
- Thouret, Jean-Claude – Lavigne, F. – Kelfoun, K. – Bronto, S. (2000): Toward a Revised Hazard Assessment at Merapi Volcano, Central Java. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 100, 479–502. DOI: 10.1016/S0377-0273(00)00152-9 • https://www.researchgate.net/publication/223182099_Toward_a_revised_hazard_assessment_at_Merapi_volcano_Central_Java
- Troll, Valentin R. – Hilton, D. R. – Jolis, E. M. – Chadwick, J. P. – Blythe, L. S. – Deegan, F. M. – Schwarzkopf, L. M. – Zimmer, M. (2012) Crustal CO₂ Liberation during the 2006 Eruption and Earthquake Events at Merapi volcano, Indonesia. *Geophysical Research Letters*, Solid Earth. 39, L11302, 6 p. DOI: 10.1029/2012gl051307 • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2012GL051307/pdf>
- URL1: <http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=263250>
- URL2: http://indonesia.com/indonesia/MERHIS/a_history_of_eruptions.php
- URL3: <http://earthquake-report.com/2012/01/11/hazard-map-assessment-of-mount-merapi-central-java-indonesia-using-remote-sensing/>

